

Semiconductor light-emitting device

Patent Number: ☐ US2002028526
Publication date: 2002-03-07
Inventor(s): MURAKAMI TETSUROU (JP); HOSOBATA HIROYUKI (JP); NAKATSU HIROSHI (JP); KURAHASHI TAKAHISA (JP)
Applicant(s):
Requested Patent: ☐ JP2002076433
Application Number: US20010943738 20010904
Priority Number (s): JP20000267345 20000904
IPC Classification: H01L21/00
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

The present invention relates to a semiconductor light-emitting device used for optical transmission (particularly for IEEE 1394) and displays and the like. More specifically, an object of the present invention is to provide a semiconductor light-emitting device capable of emitting the light with a high efficiency by extending a distance from an active layer to a boundary having poor crystal quality due to Group V elements As and P exchange to suppress deterioration in crystal quality of the active layer. According to the present invention, a semiconductor light-emitting device capable of emitting the light with a high efficiency because a reflecting multilayer with a different material system from that of an active layer is formed on the substrate in order to achieve a high reflectance, however, the active layer is formed, after a reflecting multilayer formed with the same material system as that of the active layer is formed thereon, to lengthen a distance between the active layer and a material system exchange boundary

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(10)日本特許庁 (J P) (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許公開番号

特開2002-78433
(P2002-78433A)

(43)公開日 平成14年3月15日(2002.3.15)

(51)Int. Cl.	識別記号	PI
H01L 39/00	H01L 39/00	チニド(参考)
H01S 5/183	H01S 5/183	B 5F041
5/343	5/343	5F073

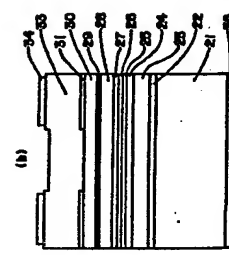
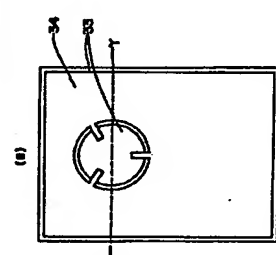
審査請求 未請求 請求項の数11 OL (全11頁)

(21)出願番号	特開2000-287345(P2000-287345)	(71)出願人	00005049 シャープ株式会社 大阪府大阪市阿倍野区長池町2番22号
(22)出願日	平成12年9月4日(2000.9.4)	(72)発明者	倉瀬 孝典 大阪府大阪市阿倍野区長池町2番22号 シャープ株式会社内
		(72)発明者	中澤 弘志 大阪府大阪市阿倍野区長池町2番22号 シャープ株式会社内
		(74)代理人	10008214 弁理士 青山 泰 (外1名)

(54) 発明の名称 半導体発光素子

(57) 要約 (修正有)

【課題】 AlGaIn系のレンナンキヤビティ型LEDまたは面発光レーザーにおいて、AsとPのV族元素の切り換えによる結晶性の低い界面から活性層までの距離を大きくして活性層の結晶性低下を抑制することにより、高効率な発光が可能な半導体発光素子を提供する。
【解決手段】 発光層26と異なる材料系の多層反射膜23、24により高い反射率を確保し、その上に発光層と同じ材料系の多層反射膜を形成した後、発光層を形成して、材料系の切り換え界面から活性層までの距離を大きくする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体基板上に、半導体基板と同程度の格子定数を持ち、屈折率を異なることのできる少なくとも2種類の材料系を使用し、それぞれが単一の材料系からなる多層反射膜を複数形成し、この多層反射膜上に含む1以上の層数からなる発光層を備えることを特徴とする半導体発光素子。

【請求項2】 発光層上に発光層と同程度の格子定数を持つ材料系からなる多層反射膜を備えることを特徴とする請求項1記載の半導体発光素子。

【請求項3】 発光層上の発光層と同程度の格子定数を持つ多層反射膜が発光層と同じ材料系であることを特徴とする請求項2記載の半導体発光素子。

【請求項4】 発光層上に、発光層と同程度の格子定数を持ち、屈折率を異なることのできる少なくとも2種類の材料系を使用し、それぞれが単一の材料系からなる多層反射膜を複数形成し、この多層反射膜の最も発光層側の材料が発光層と同じ材料系であることを特徴とする請求項3記載の半導体発光素子。

【請求項5】 発光層上に設ける多層反射膜を構成する層が、多層反射膜を構成するもう一方の層よりもエネルギーギャップが大きいことを特徴とする請求項1ないし4いずれか1記載の半導体発光素子。

【請求項6】 半導体基板がGaAsであることを特徴とする請求項1ないし5いずれか1記載の半導体発光素子。

【請求項7】 半導体基板上に形成する半導体基板と同程度の格子定数を持ち、屈折率を異なることのできる少なくとも2種類の材料系を使用し、それぞれが単一の材料系からなる複数の多層反射膜が、 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{In}_y\text{P}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq z \leq 1$) を含む発光層が、 $(\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y})_2\text{In}_z\text{P}$ ($0 \leq y \leq 1, 0 \leq z \leq 1$) であることを特徴とする請求項6記載の半導体発光素子。

【請求項8】 半導体基板上に形成する半導体基板と同程度の格子定数を持ち、屈折率を異なることのできる少なくとも2種類の材料系を使用し、それぞれが単一の材料系からなる複数の多層反射膜が、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($0 \leq x \leq 1$) を含むことを特徴とする請求項7記載の半導体発光素子。

【請求項9】 発光層上に備える発光層と同程度の格子定数を持ち、屈折率を異なることのできる少なくとも2種類の材料系を使用し、それぞれが単一の材料系からなる複数の多層反射膜が、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($0 \leq x \leq 1$) を含むことを特徴とする請求項7または8記載の半導体発光素子。

【請求項10】 半導体基板上に形成される半導体基板と同程度の格子定数を持ち、屈折率を異なることのできる少なくとも2種類の材料系を使用し、それぞれが単一の材料系からなる複数の多層反射膜の最上層と同じ材料系の多層反射膜とその下の別の材料系からなる多層反射

2

膜の界面と活性層の距離が0.3μm以上であることを特徴とする請求項1ないし9いずれか1記載の半導体発光素子。

【請求項11】 活性層が量子井戸層であることを特徴とする請求項1ないし10いずれか1記載の半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は光伝送用(特にIEEE 1394用)および表示用等に用いられる半導体発光素子に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、光通信や半導体発光素子情報表示パネル等に半導体発光素子が広く用いられている。これらの半導体発光素子は発光効率が高いこと、光通信用の半導体発光素子においてはさらに応答速度が高速であることが重要であり近年開発が盛んに行われている。通常の面発光型のLEDは高速応答性はあまりよくなく、100Mbps～200Mbps程度の速度が限界である。そこで、レンナンキヤビティ(Resonant Cavity)型LEDあるいは面発光レーザーと呼ばれる半導体発光素子が開発されている。これらの半導体発光素子は、2つのミラーで形成された共振器において発生する定在波の位置が発光層になるようにすることにより、高速応答および高効率を実現する半導体発光素子である。特に最近、比較的小さい共振器の通信に光ファイバー(POF)が利用されはじめ、このPOFの低損失な波長領域である650nmでの高効率な発光が可能AlGaIn系の半導体材料を発光層とするレンナンキヤビティ型LEDや面発光レーザーが開発されている。High Brightness Visible Resonant Cavity Light Emitting Diode: IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS VOL. 10, NO. 12 DECEMBER 1998。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 ところが、従来のレンナンキヤビティ型LEDや面発光レーザーは定在波の位置に精度よく活性層を形成する必要があるため、波長程度の長さの共振器長で素子が作られていた。その結果、基板側分布ブラッグ反射器(Distributed Bragg Reflector: DBR)と活性層との距離が非常に小さくなっていく。

【0004】 発光層がAlGaIn系の場合、100%近い反射率が必要な基板側にはAlGaAs系の材料からなるDBRが採用される。これは、650nmの発光波長に對して透明な材料でDBRを形成する場合、AlGaAs系の材料の方がAlGaIn系の材料よりも高屈折率側の層と低屈折率側の層との屈折率差が大きくなるからである。

【0005】 ところが、AsとPのV族元素が切り替わる界面は結晶性が悪いため、AsとPの切り換え界面から活性層までの距離が小さいAlGaIn系のレンナンキヤビティ

(3)

ディレー型LEDや面発光レーザーは内部量子効率低下してしまおうという問題があった。通常構造のLEDについても同様の問題があり、AsとPの切り換え界面から活性層までの距離がある一定値以下になると効率が低下してしまう。

【0006】そこで、本発明の目的は、上記問題を解決するために、AsとPのV族元素の切り換えによる結晶性の低い界面から活性層までの距離を大きくして活性層の結晶性低下を抑制することにより、高効率な発光可能な半導体発光素子を提案することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため請求項1の半導体発光素子は、半導体基板上に、半導体基板と同程度の格子定数を持ち、屈折率を変えることができる少なくとも2種類の材料系を使用し、それぞれが単一の材料系からなる多層反射膜を複数形成し、この多層反射膜を含む1以上の層数からなる発光層を備えることを特徴とする。この請求項1の発明の半導体発光素子は、発光層と異なる材料系の多層反射膜により高い反射率を確保し、その上に発光層と同じ材料系の多層反射膜を形成した後、発光層を形成するので、材料系の切り換え界面から活性層までの距離を大きくすることにより活性層の結晶性低下を避けることができる。

【0008】請求項2の半導体発光素子は、請求項1の半導体発光素子において、発光層上に発光層と同程度の格子定数を持つ材料系からなる多層反射膜を備えることを特徴とする。この請求項2の半導体発光素子では、発光層上の多層反射膜が発光層と同程度の格子定数を持つ材料系からなるので、容易に縦面状態が得られ、少ない層数で高い反射率を得ることができる。

【0009】請求項3の半導体発光素子は、請求項2の半導体発光素子において、発光層上に発光層と同程度の格子定数を持つ多層反射膜が発光層と同じ材料系であることを特徴とする。この請求項3の半導体発光素子では、発光層上の多層反射膜が発光層と同じ材料系であるので、発光層と格子定数が同じで材料系が異なる多層反射膜の場合よりも作製が容易である。

【0010】請求項4の半導体発光素子は、請求項2の半導体発光素子において、発光層上に、発光層と同程度の格子定数を持ち、屈折率を変えることができる少なくとも2種類の材料系を使用し、それぞれが単一の材料系からなる多層反射膜を複数形成し、この多層反射膜の最も発光層側の材料が発光層と同じ材料系であることを特徴とする。この請求項4の半導体発光素子では、発光層よりも上の発光層とは直接接しない場所が発光層とは異なる材料系の多層反射膜を備えるので、発光層よりも上の多層反射膜の反射率を少ない層数で高くすることができ、

【0011】請求項5の半導体発光素子は、請求項1乃至請求項4の半導体発光素子において、発光層上に、発光層と同程度の格子定数を持ち、屈折率を変えることができる少なくとも2種類の材料系を使用し、それぞれが単一の材料系からなる多層反射膜を複数形成し、この多層反射膜の最も発光層側の材料が発光層と同じ材料系であることを特徴とする。この請求項5の半導体発光素子では、発光層よりも上の発光層とは直接接しない場所が発光層とは異なる材料系の多層反射膜を備えるので、発光層よりも上の多層反射膜の反射率を少ない層数で高くすることができ、

(4)

いし4に記載の半導体発光素子において、発光層に設ける多層反射膜を構成する層が、多層反射膜を構成するもう一方の層よりもエネルギーギャップが大きいことを特徴とする。この請求項5の半導体発光素子では、よりエネルギーギャップの大きな材料が発光層に設けられるので、キャリアのオーバーバローを抑制することができる。

【0012】請求項6の半導体発光素子は、請求項1乃至請求項5に記載の半導体発光素子において、半導体基板がGaAsであることを特徴とする。この請求項6の半導体発光素子では、GaAs基板上に格子整合することができ、As系、AlGaInP系、ZnSe系等の材料を使用することができ、

【0013】請求項7の半導体発光素子は、請求項6に記載の半導体発光素子において半導体基板上に形成する半導体基板と同程度の格子定数を持ち、屈折率を変えることができる少なくとも2種類の材料系を使用し、それぞれが単一の材料系からなる複数の多層反射膜が $(Al_xGa_{1-x})_2In_{1-y}P$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1$) であることを特徴とする。この請求項7の半導体発光素子では、発光層とそれに設ける多層反射膜にAlGaInP系の材料を使用し、 y および x が任意に変化させることによって、緑色から赤色の波長領域の半導体発光素子を作製することができる。

【0014】請求項8の半導体発光素子は、請求項7に記載の半導体発光素子において、半導体基板上に形成する半導体基板と同程度の格子定数を持ち、屈折率を変えることができる少なくとも2種類の材料系を使用し、それぞれが単一の材料系からなる複数の多層反射膜が $Al_xGa_{1-x}As$ ($0 \leq x \leq 1$) を含むことを特徴とする。この請求項8の半導体発光素子では、 $Al_xGa_{1-x}As$ ($0 \leq x \leq 1$) からなる多層反射膜は緑色から赤色の波長領域に対して、 $(Al_xGa_{1-x})_2In_{1-y}P$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1$) からなる多層反射膜よりも反射率が高いので、少ない層数で高い反射率を得ることができる。

【0015】請求項9の半導体発光素子は、請求項7および8に記載の半導体発光素子において発光層上に備える発光層と同程度の格子定数を持ち、屈折率を変えることができる少なくとも2種類の材料系を使用し、それぞれが単一の材料系からなる複数の多層反射膜が $Al_xGa_{1-x}As$ ($0 \leq x \leq 1$) を含むことを特徴とする。この請求項9の半導体発光素子では、 $Al_xGa_{1-x}As$ ($0 \leq x \leq 1$) からなる多層反射膜は緑色から赤色の波長領域に対して、 $(Al_xGa_{1-x})_2In_{1-y}P$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1$) からなる多層反射膜よりも反射率が高いので、少ない層数で高い反射率を得ることができる。

【0016】請求項10の半導体発光素子は、請求項1乃至請求項9に記載の半導体発光素子において半導体基板上に形成される半導体基板と同程度の格子定数を持ち、屈折率を変えることができる少なくとも2種類の材料系を

(4)

使用し、それぞれが単一の材料系からなる複数の多層反射膜の最上層と同じ材料系の多層反射膜とその下の別の材料系からなる多層反射膜の界面と活性層の距離が0.3 μm 以上であることを特徴とする。この請求項10の半導体発光素子では、多層反射膜の最上層と同じ材料系の多層反射膜とその下の材料系からなる多層反射膜の界面と活性層の距離が0.3 μm 以上であるので、高い結晶性の活性層を形成することができる。

【0017】請求項11の半導体発光素子は、請求項1乃至請求項10に記載の半導体発光素子において活性層が量子井戸層であることを特徴とする。この請求項11の半導体発光素子では、活性層が量子井戸であるので、量子井戸活性層を使用するレゾナントキャビティ型LEDおよび面発光レーザー等に適用し効率の高い半導体発光素子を作製することができる。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、本発明を図示の実施例に基づき詳細に説明する。本実施例において、DBRは、2つの層を交互に多数積層することにより構成される。例えば、層aおよび層bからなるDBRには、1の層aおよび1の層bを1ペアとし、 $a/b/a/b/\dots/a/b/a/b$ のように、全てがペアである構成と、 $a/b/a/b/\dots/a/b/a$ のように、最後の層がペアにならない構成とがある。前者の場合のペア数は、例えば、10などの整数で表記されるが、後者の場合のペア数は、例えば、10.5ペアと表記される。

【0019】実施例1

図1(a)は本実施例で得られる半導体発光素子の平面図であり、図1(b)は図1(a)のX-Yでの断面図である。図2は本実施例の半導体発光素子の製造工程を示す断面図である。図3(a)は本実施例の半導体発光素子の製造工程を示す平面図であり、図3(b)は図3(a)のX-Yでの断面図である。

【0020】この半導体発光素子はAlGaInP系のものであり、図2に示すように、n型のGaAs基板上にn型のGaAsバッファ層2 (厚さ1 μm)、n型の $Al_{0.5}Ga_{0.5}As$ とn型の $AlAs$ とからなる20.5ペアのDBR3、n型の $Al_{0.5}In_{0.5}P$ とn型の $Al_{0.5}Ga_{0.5}P$ とからなる5ペアのDBR4、n型の $(Al_{0.7}Ga_{0.3})_2In_{0.3}P$ とからなる1ペアのDBR5 (厚さ約0.2 μm)、井戸層が80ÅのGaInPとバリア層が200Åの $(Al_{0.5}Ga_{0.5}P)_2$ とからなる量子井戸活性層6、p型の $(Al_{0.7}Ga_{0.3})_2In_{0.3}P$ とからなる2クラッド層7 (厚さ1 μm)、p型の $Al_{0.5}Ga_{0.5}As$ 電流拡散層8 (厚さ7 μm)、p型のGaAs cap層9 (厚さ0.1 μm) を有機金属気相成長 (Metal Organic Chemical Vapor Deposition; MOCVD) 法により順次積層した。

【0021】ここで、n型の $Al_{0.5}Ga_{0.5}As$ とn型の $AlAs$ の20.5ペアのDBR3およびn型の $Al_{0.5}In_{0.5}P$ とn型の $(Al_{0.7}Ga_{0.3})_2In_{0.3}P$ の5ペアのDBR4は反射ス

6

ベクトルの中心が650 nmになるようにした。そして、量子井戸活性層6のピーク波長を650 nmになるようにした。また、n型の $(Al_{0.7}Ga_{0.3})_2In_{0.3}P$ とからなる1ペアのDBR5の厚さはDBRでの反射光と活性層での発光光の干渉ピークが650 nmになるようにした。

【0022】その後、図3に示すように、p型のGaAs cap層9を酸蝕/通電処理水素系エッチャントで除去した後、p型の $Al_{0.5}Ga_{0.5}As$ 電流拡散層8上に $Al_{0.5}Ga_{0.5}As$ をスパッタし、フォトリソグラフィによりパターンニングし表面電極を形成した。その後、熱処理することによりp型電極10が得られた。

【0023】そして、図1に示すように、GaAs基板を約280 μm まで研磨し、この研磨した面に $Al_{0.5}Ga_{0.5}As$ を蒸着し、熱処理することによりn型電極11を形成した。このようにして得られた半導体発光素子の光出力は、30 mAにて1.45 mWであった。n型の $Al_{0.5}Ga_{0.5}P$ とn型の $(Al_{0.7}Ga_{0.3})_2In_{0.3}P$ の5ペアのDBR3の光出力は、30 mAにて0.44 mWであった。これに比べて、約3倍の光出力向上が達成された。n型の $Al_{0.5}Ga_{0.5}P$ とn型の $(Al_{0.7}Ga_{0.3})_2In_{0.3}P$ の5ペアのDBR3の反射率は90%以上であるので、この3倍の光出力向上に対して、n型の $Al_{0.5}In_{0.5}P$ とn型の $(Al_{0.7}Ga_{0.3})_2In_{0.3}P$ の5ペアのDBR4を加えることによる反射率向上による寄与は小さく、 $Al_{0.5}P$ の切り換え界面から活性層までの距離が大きくなったことによる活性層の結晶性向上の寄与が大きい。

【0024】n型の $(Al_{0.7}Ga_{0.3})_2In_{0.3}P$ とn型の $(Al_{0.7}Ga_{0.3})_2In_{0.3}P$ の5ペアのDBR4の場合における光出力のn型の $Al_{0.5}In_{0.5}P$ とn型の $(Al_{0.7}Ga_{0.3})_2In_{0.3}P$ の5ペアのDBR4の比較を図4に示す。1ペアは約0.1 μm であるので、図4より光出力の低下を1/2までに抑制するためには $Al_{0.5}Ga_{0.5}P$ と $AlGaInP$ 系DBRとの界面から活性層までの距離を0.3 μm 以上にすることが必要であることが分る。

【0025】実施例2

図5(a)は本実施例で得られる半導体発光素子の平面図であり、図5(b)は図5(a)のX-Yでの断面図である。図6は本実施例の半導体発光素子の製造工程を示す断面図である。図7(a)および図8(a)は本実施例の半導体発光素子の製造工程を示す平面図であり、図7(b)および図8(b)は、それぞれ、図7(a)および図8(a)のX-Yでの断面図である。

【0026】この半導体発光素子はAlGaInP系のものであり、図6に示すようにn型のGaAs基板上にn型のGaAsバッファ層22 (厚さ1 μm)、n型の $Al_{0.5}Ga_{0.5}As$ とn型の $AlAs$ の30.5ペアのDBR23、n型の $Al_{0.5}In_{0.5}P$ とn型の $(Al_{0.7}Ga_{0.3})_2In_{0.3}P$ の5.5ペアのDBR24、n型の $(Al_{0.7}Ga_{0.3})_2In_{0.3}P$ とからなる1ペアのDBR25、井戸層が50ÅのGaInPの量子井戸活性層26、p型の $(Al_{0.7}Ga_{0.3})_2In_{0.3}P$ とからなる2ペアのDBR27、p型の $Al_{0.5}Ga_{0.5}As$ 電流

(5)

7

0.5 μ mとp型の $(\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ の1.2、5 μ mのDBR28、p型の AlGaInP 中間層29(厚さ0.15 μ m)、p型の $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{In}_{0.01}\text{P}$ 第1電流拡散層30(厚さ1 μ m)、n型の $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{In}_{0.01}\text{P}$ 第1電流拡散層31(厚さ0.3 μ m)、n型の GaAs cap層32(厚さ0.01 μ m)をMOCVD法により順次積層した。

【0027】ここで、n型の $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{In}_{0.01}\text{P}$ とn型の AlAs の3.0、5 μ mのDBR23、n型の $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{In}_{0.01}\text{P}$ とn型の $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{In}_{0.01}\text{P}$ の5.5 μ mのDBR24およびp型の $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{In}_{0.01}\text{P}$ とp型の $(\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ の1.2、5 μ mのDBR28は反射スペクトルの中心が6.65nmになるようにした。また、DBR24およびDBR28で形成される共振層の共振波長も6.65nmになるように共振層を調整した。本実施例では共振層を2枚とした。さらに量子井戸活性層26の位置は共振層中に生じる定在波の腹の位置にくるようにし、発光ピーク波長は6.65nmになるようにした。

【0028】その後、図7に示すように、n型の GaAs cap層32を有機/無機水素系エッチャントで除去した後、フォトリソグラフィおよび有機/無機水素系エッチャントによりn型 $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{In}_{0.01}\text{P}$ 第1電流拡散層31をp型の $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{In}_{0.01}\text{P}$ 第1電流拡散層30に導くまでエッチングした。このときのエッチングで70 μ m ϕ の円形状の電流経路を形成した。

【0029】その後、図8に示すように、p型の $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{In}_{0.01}\text{P}$ 第2電流拡散層33(厚さ7 μ m)をn型の $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{In}_{0.01}\text{P}$ 第1電流拡散層30上に形成する。

【0030】その後、図5に示すように、p型の $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{In}_{0.01}\text{P}$ 第2電流拡散層33上に AuGe/Au を蒸着し、フォトリソグラフィおよびエッチャントによるエッチングにより表面電極を形成した。その後、熱処理することによりp型電極が得られた。そして、 GaAs 基板を約80 μ mまで研削し、この研削した面に AuGe/Au を蒸着し、熱処理することによりn型電極35を形成した。

【0031】このようにして得られた半導体発光素子は、発光出力は、3.0mAにて3.5mWであった。n型の $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{In}_{0.01}\text{P}$ とn型の $(\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ の5.5 μ mのDBR24がない構造の素子の発光出力が3.0mAにて1.8mWであったのに対して、約2倍の発光出力向上が達成された。

【0032】本実施例では、n型の $(\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{In}_{0.01}\text{P})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 第1クラッド層25の厚さが約0.3 μ mであるため、発光出力が約2倍となっている。n型の $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{In}_{0.01}\text{P}$ とn型の AlAs の3.0、5 μ mのDBR23の反射率は98%程度であるので、この約2倍の発光出力向上に対し、n型の $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{In}_{0.01}\text{P}$ とn型の $(\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ の5.5 μ mのDBR24を加えることによる反射率向上による寄与は小さく、 As/P の切り換え界面から活性層までの距離が大きくなったことによる活性層の結晶性向上

の寄与が大きい。

【0033】また、発光層に接するDBR層をよりエネルギーギャップの大きい $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{In}_{0.01}\text{P}$ にすることでキャリアの閉じ込めが向上し、発光層に接するDBR層が $(\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ の場合よりも4~6%程度発光出力が向上している。

【0034】実施例3

図9(a)は本実施例で得られる半導体発光素子の平面図であり、図9(b)は図9(a)のX-Yでの断面図である。図10は本実施例の半導体発光素子の製造工程を示す断面図である。図11(a)および図12(a)は本実施例の半導体発光素子の製造工程を示す平面図であり、図11(b)および図12(b)は、それぞれ、図11(a)および図12(a)のX-Yでの断面図である。

【0035】この半導体発光素子は AlGaInP 系のものであり、図10に示すように、n型の GaAs 基板41上にn型の GaAs バッファ層42(厚さ1 μ m)、n型の $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{In}_{0.01}\text{P}$ とn型の AlAs の5.5、5 μ mのDBR43、n型の $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{In}_{0.01}\text{P}$ とn型の $(\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ の5.5 μ mのDBR44、n型の $(\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 第1クラッド層45、井戸層が5.0Åの GaInP の量子井戸活性層46、p型の $(\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 第2クラッド層47、p型の $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{In}_{0.01}\text{P}$ とp型の $(\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ の5.5 μ mのDBR48、p型の $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{In}_{0.01}\text{P}$ とp型の AlAs の1.0、5 μ mのDBR49、p型の $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{In}_{0.01}\text{P}$ とp型の $(\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ の1.5 μ mのDBR50、p型の AlGaInP 中間層51(厚さ0.15 μ m)、p型の $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{In}_{0.01}\text{P}$ 第1電流拡散層52(厚さ1 μ m)、n型の $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{In}_{0.01}\text{P}$ 第2電流拡散層53(厚さ0.3 μ m)、n型の GaAs cap層54(厚さ0.01 μ m)をMOCVD法により順次積層した。

【0036】ここで、n型の $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{In}_{0.01}\text{P}$ とn型の AlAs の5.5、5 μ mのDBR43、n型の $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{In}_{0.01}\text{P}$ とn型の $(\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ の5.5 μ mのDBR44、p型の $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{In}_{0.01}\text{P}$ とp型の $(\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ の5.5 μ mのDBR48、p型の $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{In}_{0.01}\text{P}$ とp型の AlAs の1.0、5 μ mのDBR49およびp型の $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{In}_{0.01}\text{P}$ とp型の $(\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ の1.5 μ mのDBR50は反射スペクトルの中心が6.65nmになるようにした。また、n型の $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{In}_{0.01}\text{P}$ とn型の $(\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ の5.5 μ mのDBR44およびp型の $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{In}_{0.01}\text{P}$ とp型の $(\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ の5.5 μ mのDBR48の最も GaInP の量子井戸活性層46側の層は $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{In}_{0.01}\text{P}$ とし、DBR44およびDBR48で形成される共振層の共振波長も6.65nmになるように共振層を調整した。本実施例では共振層を2枚とした。さらに量子井戸活性層46の位置は共振層中に生じる定在波の腹の位置にくるようにし、発光ピーク波長は6.65nmになるようにした。

(6)

9

【0037】その後、図11に示すように、n型の GaAs cap層54を有機/無機水素系エッチャントで除去した後、フォトリソグラフィおよび有機/無機水素系エッチャントによりn型 $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{In}_{0.01}\text{P}$ 第1電流拡散層53をp型の $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{In}_{0.01}\text{P}$ 第1電流拡散層52に導くまでエッチングした。このときのエッチングで70 μ m ϕ の円形状の電流経路を形成した。

【0038】その後、図12に示すようにp型の $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{In}_{0.01}\text{P}$ 第2電流拡散層55(厚さ7 μ m)をn型の $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{In}_{0.01}\text{P}$ 第1電流拡散層52上に形成する。

【0039】その後、図9に示すようにp型の $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{In}_{0.01}\text{P}$ 第2電流拡散層55上に AuGe/Au を蒸着し、フォトリソグラフィおよびエッチャントによるエッチングにより表面電極を形成した。その後、熱処理することによりp型電極が得られた。そして、 GaAs 基板を約80 μ mまで研削し、この研削した面に AuGe/Au を蒸着し、熱処理することによりn型電極57を形成した。

【0040】このようにして得られた半導体発光素子の上下の多層反射膜の反射率は、実施例2で得られた半導体素子の上下の多層反射膜の反射率よりも向上した。すなわち、発光層の基底側の多層反射膜の反射率が、実施例2では98~99% (DBR23およびDBR24の反射率の合計)であったのが、本実施例においては99%以上 (DBR43およびDBR24の反射率の合計)となり、また、発光層の基底と反対側の多層反射膜の反射率が、実施例2では70% (DBR28)であったのに対して、本実施例においては95%程度 (DBR48、DBR49およびDBR50の反射率の合計)となった。そのため、発光の半値幅は約1/2になっている。これは、本実施例の半導体発光素子は、光ファイバーを使用した通信により適した光源であることを意味している。

【0041】本実施例は量子井戸型キャビティ構造のLEDであるが、表面側DBRの反射率を更に向上させて、発光効率を小さくすることで、面発光レーザーを作製することも可能である。

【0042】
【発明の効果】以上明らかなように、請求項1の発明の半導体発光素子は、半導体基板に、半導体基底と同程度の格子定数を持ち、屈折率を減らすことのできる少なくとも2種類の材料系を使用し、それぞれが単一の材料系からなる複数の多層反射膜が $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{In}_{0.01}\text{P}$ を含む。このことにより、緑色から赤色の波長領域の半導体発光素子を作製することができる。

【0043】また、請求項8の半導体発光素子は、請求項7に記述の半導体発光素子において、半導体基底上に形成する半導体基底と同程度の格子定数を持ち、屈折率を減らすことのできる少なくとも2種類の材料系を使用し、それぞれが単一の材料系からなる複数の多層反射膜が $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{In}_{0.01}\text{P}$ を含む。このことにより、緑色から赤色の波長領域の半導体発光素子を作製することができる。

10

を含む1以上の層からなる発光層を備える。このことにより、活性層の結晶性低下を避けることができる。

【0043】また、請求項2の半導体発光素子は、請求項1の半導体発光素子において、発光層上に発光層と同程度の格子定数を持つ多層反射膜が発光層と同じ材料系である。このことにより、発光層と格子定数が同じで材料系が異なる多層反射膜の場合よりも作製が容易である。

【0044】また、請求項3の半導体発光素子は、請求項2に記述の半導体発光素子において、発光層上に、発光層と同程度の格子定数を持ち、屈折率を減らすことのできる少なくとも2種類の材料系を使用し、それぞれが単一の材料系からなる多層反射膜を複数形成し、この多層反射膜の最も発光層側の材料が発光層と同じ材料系である。このことにより、発光層よりも上の多層反射膜の反射率を少なくし、層数を減らすことができる。

【0045】また、請求項4の半導体発光素子は、請求項3に記述の半導体発光素子において、発光層上に、発光層と同程度の格子定数を持ち、多層反射膜を形成するよりも一方の層よりもエネルギーギャップが大きい。このことにより、キャリアのオーバーフローを抑制することができる。

【0046】また、請求項5の半導体発光素子は、請求項4に記述の半導体発光素子において、発光層上に接する多層反射膜を形成する層が、多層反射膜を形成するよりも一方の層よりもエネルギーギャップが大きい。このことにより、キャリアのオーバーフローを抑制することができる。

【0047】また、請求項6の半導体発光素子は、請求項5に記述の半導体発光素子において、半導体基底上に形成する半導体基底と同程度の格子定数を持ち、屈折率を減らすことのできる少なくとも2種類の材料系を使用し、それぞれが単一の材料系からなる複数の多層反射膜が $(\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{In}_{0.01}\text{P})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ (0.5 μ m \leq 1.0 μ m \leq 1.5 μ m)を含む。このことにより、緑色から赤色の波長領域の半導体発光素子を作製することができる。

【0048】また、請求項7の半導体発光素子は、請求項6に記述の半導体発光素子において、半導体基底上に形成する半導体基底と同程度の格子定数を持ち、屈折率を減らすことのできる少なくとも2種類の材料系を使用し、それぞれが単一の材料系からなる複数の多層反射膜が $(\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{In}_{0.01}\text{P})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ (0.5 μ m \leq 1.0 μ m \leq 1.5 μ m)を含む。このことにより、緑色から赤色の波長領域の半導体発光素子を作製することができる。

【0049】また、請求項8の半導体発光素子は、請求項7に記述の半導体発光素子において、半導体基底上に形成する半導体基底と同程度の格子定数を持ち、屈折率を減らすことのできる少なくとも2種類の材料系を使用し、それぞれが単一の材料系からなる複数の多層反射膜が $(\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{In}_{0.01}\text{P})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ (0.5 μ m \leq 1.0 μ m \leq 1.5 μ m)を含む。このことにより、緑色から赤色の波長領域の半導体発光素子を作製することができる。

(7)

11

層で高い反射を得ることができる。

【0050】また、請求項9の半導体発光素子は、請求項7および8に記載の半導体発光素子において発光層上に備える発光層と同程度の格子定数を持ち、屈折率を変え、その少ないと2種類の材料系を使用し、それらが単一の材料系からなる複数の多層反射膜がAl_xGa_{1-x}As (0≤x≤1)を含む、このことよって、緑色から赤色の波長領域に対して、(Al_{1-y}Ga_y)₂In_{1-y}P (0≤y≤1, 0≤x≤1)からなる多層反射膜よりも少ない層数で高い反射率を得ることができる。

【0051】また、請求項10の半導体発光素子は、請求項1ないし9に記載の半導体発光素子において半導体基板上に形成される半導体基板と同程度の格子定数を持ち、屈折率を変え、その少ないと2種類の材料系を使用し、それらが単一の材料系からなる複数の多層反射膜の最上層と同じ材料系の多層反射膜とその下の別の材料系からなる多層反射膜の表面と活性層の距離が0.3μm以上である、このことよって、高い結晶性の活性層を形成することができる。

【0052】また、請求項11の半導体発光素子は、請求項1ないし10に記載の半導体発光素子において活性層が量子井戸層である、このことよって、高効率のレーザ発光素子として機能する半導体発光素子を作製することができる。

【図面の簡単な説明】

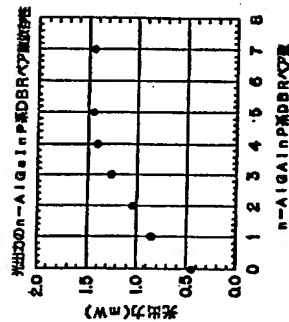
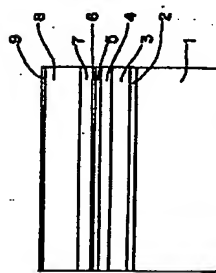
【図1】 図1(a)および(b)は、それぞれ、本発明の第1実施例による半導体発光素子の平面図およびそのX-Y断面図である。

【図2】 図1の半導体発光素子の製造工程を示す断面図である。

【図3】 図3(a)および(b)は、それぞれ図1の半導体発光素子の製造工程を示す平面図およびそのX-Y断面図である。

【図4】 出力力のn-AlGaInP系DBRベア基板を有する図である。

【図2】



(8)

12

【図5】 図5(a)および(b)は、それぞれ、本発明の第2実施例による半導体発光素子の平面図およびそのX-Y断面図である。

【図6】 図5の半導体発光素子の製造工程を示す断面図である。

【図7】 図7(a)および(b)は、それぞれ、図5の半導体発光素子の製造工程を示す平面図およびそのX-Y断面図である。

【図8】 図8(a)および(b)は、それぞれ、図5の半導体発光素子の製造工程を示す平面図およびそのX-Y断面図である。

【図9】 図9(a)および(b)は、それぞれ、本発明の第3実施例による半導体発光素子の平面図およびそのX-Y断面図である。

【図10】 図9の半導体発光素子の製造工程を示す断面図である。

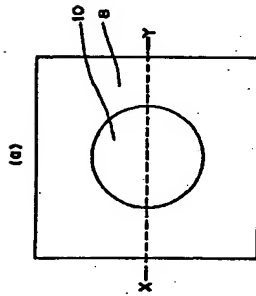
【図11】 図11(a)および(b)は、それぞれ、図9の半導体発光素子の製造工程を示す平面図およびそのX-Y断面図である。

【図12】 図12(a)および(b)は、それぞれ、図9の半導体発光素子の製造工程を示す平面図およびそのX-Y断面図である。

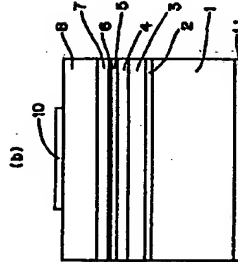
【符号の説明】

1、21、41・・・n-GaAs基板、2、22、42・・・n-GaAsベア層、3、23、43・・・n-AlGaInP系DBR、4、24、44・・・n-AlGaInP系DBR、5、25、45・・・Al_{0.7}Ga_{0.3}In_{0.5}P量子井戸層、6、26、46・・・量子井戸層、7、27、47・・・p-AlGaInP層、8・・・p-AlGaInP層、9・・・p-GaAs cap層、10、34、56・・・p型電極、11、35、57・・・n型電極、28、48、50・・・p-AlGaInP系DBR、29、51・・・p-AlGaInP中間層、30、52・・・p-AlGaInP第1電流拡散層、31、53・・・n-AlGaInP電流拡散層、32、54・・・n-GaAs cap層、33、55・・・p-AlGaInP第2電流拡散層、49・・・p-AlGaInP系DBR。

【図11】

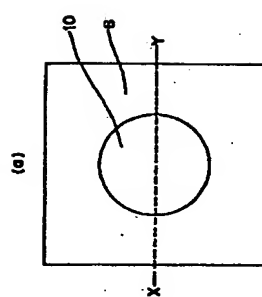


(a)

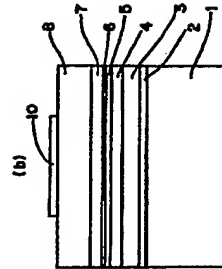


(b)

【図9】

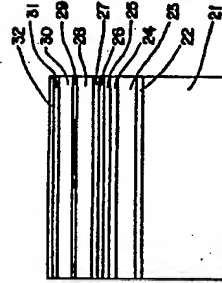


(a)

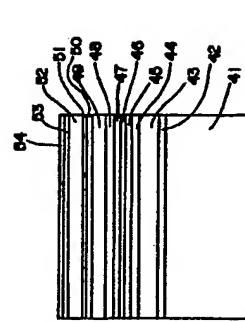


(b)

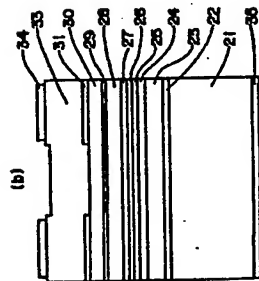
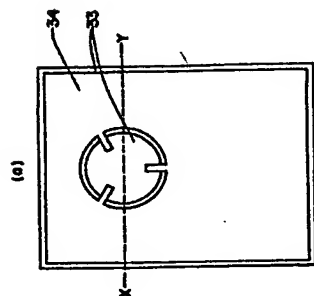
【図6】



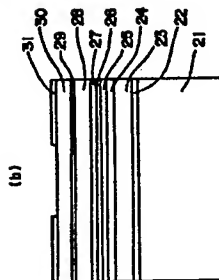
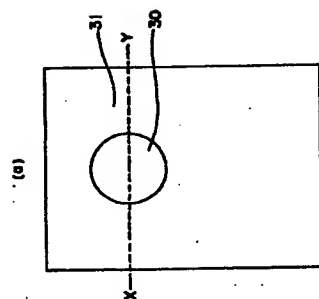
【図10】



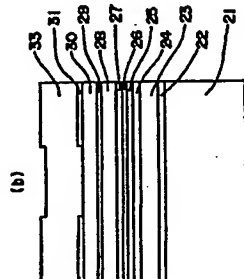
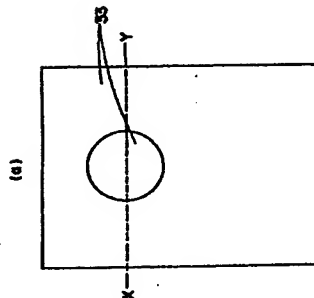
【例5】



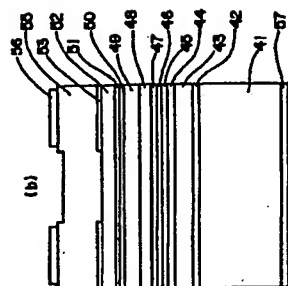
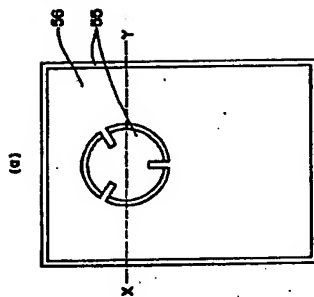
【图7】



【例8】

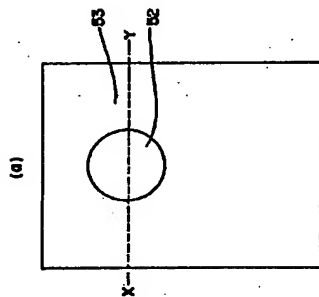


【例9】

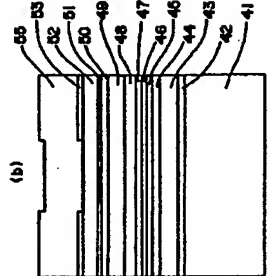
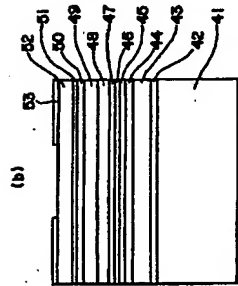
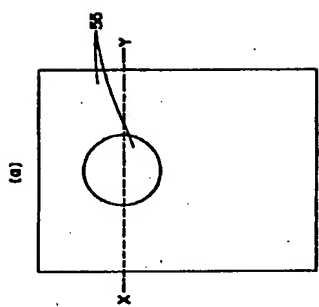


(11)

【図11】



【図12】



フロントページの続き

(72)発明者 村上 智朗
大阪府大阪市阿倍野区長池町2番22号 シ
ヤープ株式会社内
(72)発明者 細羽 弘之
大阪府大阪市阿倍野区長池町2番22号 シ
ヤープ株式会社内

Fターム(参考) 5F041 AA03 AA40 CA05 CA34 CA35
CA36 CA65 CA74 CA82 CA92
CB03 CB15 FP01 FP14
5F073 AA51 AA65 AA74 AB17 BA01
CA14 CB02